

# MINT – Malaria Intervention Tool

Outil de guidage pour la prise de décision en matière de stratégie de lutte contre le paludisme

## Manuel de l'utilisateur

Sherrard-Smith E, Winskill P, Hamlet A, Ngufor C, N'Guessan R, Guelbeogo M, Sanou A, Nash RK, Hill A, Russell EL, Woodbridge M, Tungu P, Kont, MD, Mclean, T, Fornadel, C, Richardson, JH, Donnelly, MJ, Staedke S, Gonahasa S, Protopopoff N, Rowland M, Churcher TS.

### Version 1

Accompagnant la publication: Sherrard-Smith et al. 2020 Optimiser le déploiement de nouveaux outils de lutte antivectorielle

<b>1. CONTEXTE</b> .....	<b>4</b>
1.1. Quel est le problème ? .....	4
1.2. Quels sont les avantages de l'outil ?.....	4
1.3. Que peut faire l'outil ?.....	4
1.4. Qu'est-ce que le modèle ne peut pas faire ? .....	5
1.5. Hypothèses et limites critiques de la modélisation .....	5
1.6. Quelle superficie faut-il considérer ?.....	10
1.7. Où le trouver ? .....	10
<b>2. GUIDE D'UTILISATION ÉTAPE PAR ÉTAPE</b> .....	<b>11</b>
2.1. Configuration de base .....	12
2.2. Mettre en place des interventions .....	15
2.3. Approvisionnement et distribution .....	17
2.4. Coût des interventions .....	18
<b>3. INTERPRÉTATION</b> .....	<b>20</b>
3.1. Graphiques d'impact .....	20
3.2. Tableau des impacts.....	22
3.3. Graphiques de rentabilité.....	23
3.4. Tableau de rentabilité .....	24
<b>4. REFERENCES</b> .....	<b>255</b>

Accompagnant la publication :

### **Méta-analyses de données entomologiques**

Nous avons utilisé des revues systématiques d'analyses de données d'articles précédents pour paramétrer le modèle soutenant l'outil Web MINT. Ceux-ci sont :

- Nash et al. 2021. Revue systématique de l'impact entomologique des moustiquaires imprégnées évaluées lors d'essais en cases expérimentales en Afrique. Accepté. *Current Research in Parasitology and Vector-Borne Diseases*

Ce manuscrit présente la revue systématique des données entomologiques, y compris les bio-essais de sensibilité à la dose discriminatoire de l'Organisation Mondiale de la Santé, les bio-essais de sensibilité à la dose discriminatoire (tube et bouteille) du Center for Disease Control (États-Unis) et les essais en case expérimentales. Les analyses statistiques sont utilisées pour déterminer la relation entre le niveau de résistance (tel que mesuré par l'utilisation de dose discriminatoire lors des bio-essais) et l'impact entomologique des moustiquaires imprégnées d'insecticide dans le modèle de transmission soutenant MINT.

- Killeen et al. (2017) Allant au-delà de la protection individuelle contre les piqûres de moustiques pour éliminer la transmission du paludisme : suppression de la population des vecteurs du paludisme exploitant à la fois le sang humain et animal. *BMJ Global Health* 2 : e000198. Doi: 10.1136/bmjgh-2016-000198

Ce manuscrit résume notre compréhension de la distribution de l'état d'alimentation sur du sang humain parmi des espèces de moustiques. Nous utilisons ces analyses pour renseigner les options « élevées » et « faibles » proposées dans l'interface MINT.

- Sherrard-Smith et al. 2019 Le comportement alimentaire des moustiques et son influence sur la transmission résiduelle du paludisme en Afrique. *PNAS* 116 : 15086-15096. Doi : 10.1073/pnas.1820646116

Ce manuscrit résume notre compréhension de la proportion de tentatives piqûres des moustiques qui se poursuivent même lorsque les interventions contre les moustiques à l'intérieur sont déployées et utilisées de manière optimale. Nous utilisons ces analyses pour renseigner les options « élevées » et « faibles » dans l'interface MINT.

### Modélisation mathématique dynamique de transmission

- Sherrard-Smith et al. 2021 Optimiser le déploiement des nouveaux outils de lutte antivectorielle contre le paludisme. En revu.

Ce manuscrit s'appuie sur les estimations des paramètres de Nash et al (2021) et explore l'avantage supplémentaire lié à l'utilisation des moustiquaires à pyréthroïdes combiné au PBO. Il accompagne la version 1.0 de MINT et présente le modèle utilisé pour générer les résultats présentés dans l'outil en ligne.

- Griffin et al. 2010 Réduction de la transmission du paludisme à *Plasmodium falciparum* en Afrique : un modèle d'évaluation des stratégies d'intervention. PLoS Médecine 7 : e1000324

La base des évidences pour le modèle de transmission complet est donnée dans une succession d'articles qui ont permanentement amélioré le modèle de transmission depuis sa première publication en 2010. Ceux-ci incluent :

- Blanc et al. 2011 Modélisation de l'impact des interventions de lutte antivectorielle sur la dynamique de populations d'*Anopheles gambiae*. Parasites et vectors 4: 153
- Griffin et al. 2016 Possibilité de réduction du fardeau et d'élimination locale du paludisme en réduisant la transmission du paludisme à *Plasmodium falciparum* : une étude de modélisation mathématique. The Lancet Infectious Diseases 16 : 465-472
- Churcher et al. 2016 L'impact de la résistance aux pyréthrinoides sur l'efficacité et l'efficience des moustiquaires dans la lutte contre le paludisme en Afrique. eLife 5 : e16090
- Sherrard-Smith et al. 2018 Revue systématique de l'efficacité et de l'efficience de la pulvérisation intra-domiciliaire contre *Plasmodium falciparum* en Afrique. Communication Nature 9 : 4982

## 1. CONTEXTE

### 1.1. Quel est le problème ?

Les moustiquaires imprégnées d'insecticide (MII) et la pulvérisation intra-domiciliaire d'insecticides à effet rémanent (PID) ont été les principaux outils de lutte antivectorielle contre le paludisme au cours des 20 dernières années. Les moustiques qui transmettent le paludisme deviennent de plus en plus résistants à l'insecticide pyréthroïde qui constitue l'ingrédient actif des moustiquaires communément distribuées en masse dans les pays d'endémie palustre (1). La résistance aux autres insecticides augmente également (2,3). En réponse, la communauté mondiale a développé de nouvelles interventions anti-vectorielles pour atténuer la diminution de l'effet protecteur fournie par les moustiquaires imprégnées aux pyréthroïdes uniquement à longue durée d'action (MILDA-pyréthroïdes).

Ces interventions ont des prix différents, et des durées d'activité différentes pour tuer, dissuader et inhiber la prise de repas sanguin des populations locales de moustiques locaux. Selon les modes d'utilisation et l'écologie locale, l'impact de ces interventions peut être variable dans l'espace et dans le temps. Les budgets nationaux consacrés à la lutte contre le paludisme sont inévitablement limités et les produits présentant de meilleurs avantages pour la santé publique ont tendance à coûter plus cher. Ainsi, recommander un nouveau produit, dont le potentiel est légèrement meilleur, peut réduire la quantité achetée et, par effet pervers, accroître la maladie. Il est très difficile de déterminer quelles interventions utiliser dans des régions du pays où la taille de la population, l'utilisation historique des interventions, l'écologie des moustiques et les coutumes sont différents. Les emplois ou les habitudes locales peuvent entraîner une exposition variable aux piqûres de moustiques infectieux pour les résidents.

### 1.2. Quels sont les avantages de l'outil ?

Les nouvelles interventions actuellement disponibles ont un impact contrasté sur la santé publique, compte tenu des caractéristiques de la population locale de moustiques, du niveau de la maladie et de l'historique des interventions de contrôle. L'outil MINT a la capacité d'explorer théoriquement certains des résultats potentiels du déploiement d'interventions multiples étant donné les différences au départ dans différentes régions. Le défi pour les décideurs aux budgets limités chargés de protéger les communautés du paludisme est pris en compte en fournissant un outil dans lequel ces scénarios théoriques peuvent être explorés.

### 1.3. Que peut faire l'outil ?

La version 1 de cet outil de décision pour la lutte antivectorielle est conçue pour aider les Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme à explorer les moustiquaires et les produits PID recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) les plus rentables pour la lutte contre le paludisme. Des données locales sur les humains, les moustiques et les coûts sont utilisées pour caractériser le milieu d'intérêt pour la lutte (nous appelons que ce milieu peut être une région ou une zone dans l'outil). L'outil résume ensuite l'impact des différentes interventions de lutte antivectorielle utilisées dans la région et calcule le rapport coût-efficacité de chacun des ensembles d'interventions. Un budget maximum peut être fixé pour aider à déterminer l'intervention la plus appropriée et la plus abordable pour cette région particulière en fonction des objectifs locaux.

#### 1.4. Qu'est-ce que le modèle ne peut pas faire ?

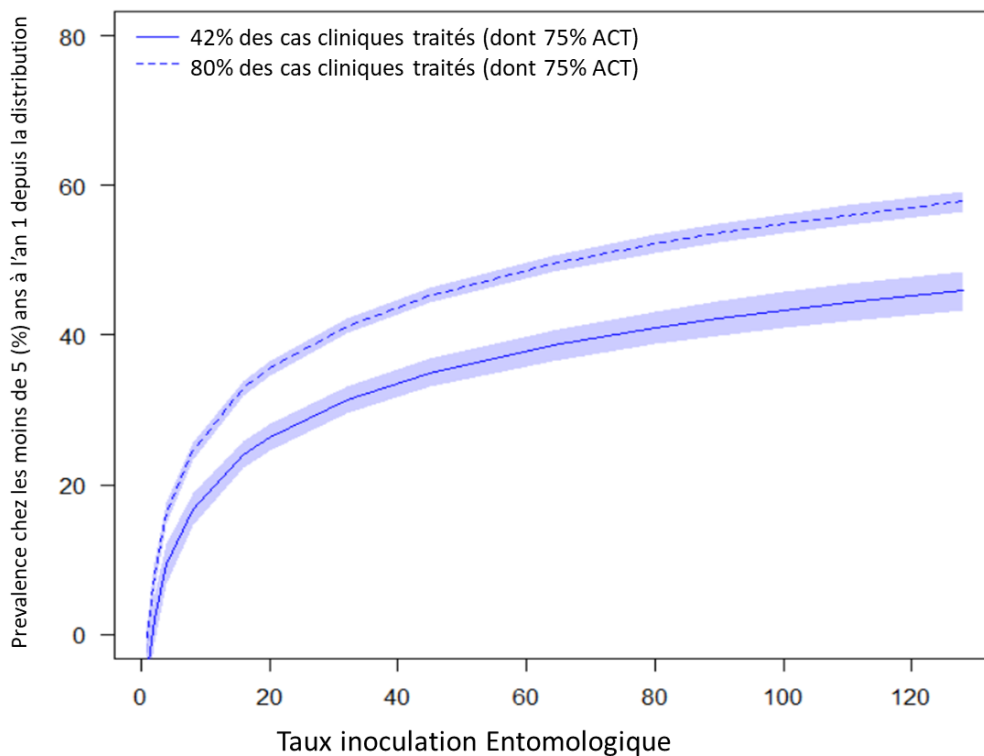
Aucun modèle n'est aussi bon que les données de surveillance locales de haute qualité et la compréhension implicite de la recherche locale, qui devraient être collectées et utilisées pour éclairer les décisions futures. Les prédictions sont faites en utilisant des données entomologiques et épidémiologiques moyennes provenant de revues systématiques qui rassemblent des données de toute l'Afrique et peuvent donc ne pas être représentatives de tous les contextes. Par exemple, on pense que l'efficacité des PID varie en fonction du type de matériau des murs, qui variera d'un site à l'autre (4,5) et que toute modification post-pulvérisation pourrait avoir un impact sur la performance globale d'un produit (6). Ces différences et incertitudes doivent être prises en compte dans tout processus de décision. De même, les prédictions du modèle ne sont aussi bonnes que les données utilisées pour les paramétrer, de sorte que les simulations peuvent être plus utiles lorsque les données locales sont bien comprises. Des simplifications ont été faites (par exemple, dans l'éventail des contextes d'endémicité explorés), de sorte que les estimations individuelles de l'impact et du rapport coût-efficacité seront légèrement différentes de la réalité. Néanmoins, la différence relative entre les options d'intervention est susceptible d'être plus cohérente et les prédictions d'impact se sont avérées refléter de manière adéquate les changements de la prévalence du paludisme observés sur le terrain

#### 1.5. Hypothèses et limites critiques de la modélisation

Il existe de nombreuses hypothèses qui doivent être communiquées pour faciliter l'interprétation des résultats de la modélisation. Cette liste ne se veut pas exhaustive mais vise à mettre en évidence certaines des principales hypothèses qui influenceront l'interprétation des prédictions. Les utilisateurs sont encouragés à consulter la section des publications complémentaires ci-dessus, où les références énumèrent toutes les hypothèses formulées et les justifient.

##### 1.5.1. Hypothèses du modèle

- La relation entre les différents paramètres du paludisme est capturée dans le modèle mécaniste en tenant compte de facteurs tels que l'âge des personnes, l'historique des interventions de lutte contre le paludisme, l'entomologie locale et le traitement médicamenteux. Les simulations sont paramétrées pour chaque contexte d'intérêt en utilisant les informations locales sur la prévalence du paludisme chez les enfants de 0 à 5 ans (diagnostiquée par microscopie) qui peut être estimée à partir des données de l'enquête démographique et sanitaire locale. Il faut faire attention en paramétrant le modèle en utilisant d'autres mesures ou des données collectées dans différents groupes d'âge car les résultats seront différents. MINT ne peut actuellement pas être paramétré en utilisant des données entomologiques telles que le taux d'inoculation entomologique (EIR). La relation entre la prévalence du paludisme, l'incidence clinique et le TIE est décrite dans Griffin et al. (2014) (7). La figure 1.1 illustre la relation entre le TIE et la prévalence du paludisme, bien que la forme de cette relation varie en fonction des paramètres alternatifs utilisés. Nous illustrons ceci en changeant les niveaux de traitement au sein de la communauté (Figure 1.1).



**Figure 1.1** L'association entre la prévalence et le taux d'inoculation entomologique dans le modèle de transmission change en fonction du niveau de traitement disponible. Ici, la ligne en pointillée est l'association lorsque 42% des personnes reçoivent un traitement et 31,5% reçoivent une thérapie combinée à l'artémisinine (ACT). La ligne continue montre l'association lorsque 80 % des personnes reçoivent un traitement et 60 % recevant des ACT.

- Ce modèle est associé à des paramètres spécifiques et est entièrement décrit dans (8). Nous fournissons également une description complète du modèle de transmission et des hypothèses sur les mécanismes de suivi de la transmission du paludisme à *Plasmodium falciparum* dans le document d'accompagnement de MINT v1.0 (manuscrit principal).
- -Le modèle est explicitement conçu pour le paludisme à *Plasmodium falciparum* et paramétré à l'aide de données provenant du continent africain. Il est donc actuellement limité pour une utilisation ailleurs, ou lorsque *P. falciparum* n'est pas le parasite dominant du paludisme.
- Le modèle n'est pas conçu pour les zones de quasi-élimination. La dynamique de la transmission dans les zones de quasi-élimination est susceptible d'être très spécifique au contexte et dépendante de la réintroduction du paludisme à la suite des cas d'importation (9). Une fois que la prévalence du paludisme tombe en dessous de 1% les estimations devront être traitées avec prudence.
- Nous supposons que l'âge moyen de la population est de 21 ans et que la structure démographique de la population est représentée par une exponentielle de cet âge moyen (voir WorldPop.org ; (10)). Cet âge moyen est basé sur la structure d'âge de la population de la Tanzanie mais bien représenté dans d'autres localités.
- Dans la version 1.0, les moustiques sont modélisés en utilisant un cadre compartimentés. Cela signifie que les moustiques se voient attribuer des valeurs de paramètre pour capturer le comportement moyen uniquement dans n'importe quelle région. Par conséquent, les valeurs choisies pour la période où les moustiques piquent et sur les humains sont constantes et la

même valeur est supposée tout au long de la simulation. Cela signifie que tous les effets des résultats sont modérés plutôt que de capturer la stochasticité qui serait attendue si un cadre individualiste plus réaliste était adopté (où nous pourrions attribuer des comportements différents ou supposés des modèles saisonniers pour ces paramètres).

- Une série limitée de saisonnalité dans l'abondance des moustiques est fournie et reste la même pour les trois années de la simulation. Si une année se traduit par une abondance élevée de moustiques capables de transmettre le paludisme, intuitivement, les performances des moustiquaires et de la pulvérisation intra-domiciliaire pourraient être pires que celles des années avec abondance plus faible.

### 1.5.2. Hypothèses d'intervention

- On suppose que les paramètres entomologiques saisis dans l'interface restent les mêmes pendant toute la période de simulation. Cela signifie que le niveau de résistance aux pyréthroïdes restera constant sur trois ans et n'est pas influencé par le choix de l'outil de lutte antivectorielle déployé. Il s'agit clairement d'une simplification excessive, mais cela semble être l'option la plus parcimonieuse étant donné l'incertitude sur le taux de changement de la résistance liée à l'utilisation des moustiquaires et la façon dont l'utilisation d'insecticides en agriculture pourrait également influencer le changement de la sensibilité des moustiques. Les utilisateurs doivent faire plusieurs essais en variant le niveau de résistance pour s'assurer que les décisions sont insensibles aux changements plausibles de ces paramètres dans le temps.
- Les moustiquaires sont modélisées pour être distribuées, pendant la nuit, au pourcentage de personnes que l'utilisateur indique. Cette valeur est supposée être la proportion de la population utilisant des moustiquaires chaque nuit juste après la campagne de distribution. Nous supposons que l'adhésion à l'utilisation des moustiquaires diminue avec le temps, de sorte qu'au moins plus de la moitié des personnes utilisent encore des moustiquaires 5 ans après la campagne initiale lorsque comparée au niveau d'utilisation prédéfini lors de la simulation.
- Nous supposons que les moustiquaires sont distribuées de manière aléatoire dans la population, et entre les groupes d'âge. La même hypothèse est faite pour la PID. Lorsque les moustiquaires et les PID sont toutes deux déployées, nous supposons qu'il y a un chevauchement chez les personnes qui bénéficient des deux interventions. Cela parce que nous supposons que dans la communauté certaines personnes sont plus faciles à atteindre que d'autres. Si cela n'est pas le cas, nous nous attendons à ce que l'utilisation combinée de moustiquaire et de PID soit très élevée.
- Nous n'incluons pas les différences de produit telles que l'intégrité des matériaux utilisés dans la fabrication des moustiquaires. Par exemple nous supposons que Olyset Plus et PermaNet 3.0 étant des « moustiquaires pyréthroïdes PBO » (11) fonctionnent de manière équivalente.
- Nous supposons que les moustiquaires ont un impact équivalent sur les moustiques de toutes les espèces une fois que l'exposition à l'insecticide a eu lieu. C'est-à-dire que l'effet létal de l'insecticide et sa propension à dissuader ou repousser les moustiques sont constants parmi les espèces d'anophèles. Ceci fait suite à une revue systématique des données provenant de

cases expérimentales (12) où les effets spécifiques aux espèces n'ont pas été démontrés. Le modèle doit être paramétré en tenant compte des moustiques vecteurs moyens sur le site d'intérêt, car différentes espèces de moustiques ne sont pas explicitement simulées. Aussi le même manque de données spécifiques aux espèces existe pour la PID même après une revue systématique des résultats de PID en cases expérimentales (13).

- Dans (13), nous estimons l'impact moyen de la PID à travers les données de bio-essais disponibles à ce jour, en tenant compte de tout comportement exophile dans les paramètres d'impact. Par conséquent, si la région est suspectée ou connue pour avoir des moustiques hautement endophiles, nous nous attendons à ce que la PID fonctionne mieux que dans une région avec des espèces se reposant à l'extérieur. La fourchette d'impact des PIDs indiquée dans MINT permet de combler cet effet. Cette fourchette est indiquée pour chaque région explorée. Cependant, nous ne tenons pas compte actuellement de cette fourchette dans l'analyse de la stratégie et nous encourageons l'utilisateur à explorer le budget (comme expliqué dans la section 4) pour déduire les gains possibles de l'ajout des PIDs. Ceci sera mis à jour dans les futures versions de MINT.
- Une limitation du cadre actuel est que nous ne pouvons démontrer l'effet d'aucune intervention visant à réduire une espèce de moustiques, que de voir la niche occupée par un autre vecteur.
- Comme pour les moustiquaires, on suppose que la PID est déployé sur tout le site d'intérêt en une fois. Il s'agit clairement d'une simplification exagérée étant donné que le déploiement de la PID chez les ménages bénéficiaires peut prendre quelques semaines ou mois. Dans des contextes non saisonniers, il est peu probable que cela modifie l'impact prévu pour les produits PID de longue durée. Pour les environnements pérennes, cela pourrait avoir un certain impact et dépendra de l'endroit et de la durée du déploiement des PID dans une région.
- Nous incluons l'incertitude de la PID liée globalement à l'utilisation d'organophosphate, de pyrimiphos méthyle (par exemple Actellic 300®CS, Syngenta) ou de néonicotinoïdes, de la clothianidine (SumiShield®, Sumitomo Chemical). Si le produit utilisé est à base de bendiocarbe, de pyréthroïde ou de DDT, l'outil MINT n'est pas basé sur des données de revues systématiques provenant de cases expérimentales, donc veuillez interpréter l'impact de ces produits avec prudence.
- Nous supposons une indépendance entre les effets des moustiquaires et de la PID (14). Ce qui veut dire que les effets des deux interventions sur la probabilité de réussir à se nourrir des moustiques, à piquer ou d'être repoussé sont multiplicatifs. Cette hypothèse doit encore être vérifiée.
- Nous ne considérons que la distribution de moustiquaires à travers des campagnes de masse. Les campagnes de distribution continuent de moustiquaires telles que celles menées lors des visites prénatales ou la distribution de complément en milieu scolaire adoptées avec succès en Tanzanie, ne sont pas prises en compte.



### 1.5.3. Hypothèses sur les coûts

- La section de l'outil consacrée aux coûts est relativement simpliste et ne tient pas compte de facteurs tels que l'actualisation ou les changements dans le temps. Les coûts saisis sont définis par l'utilisateur, ce qui permet un certain degré de flexibilité, bien qu'il faille faire attention à l'interprétation des résultats car les coûts varieront probablement en fonction d'autres paramètres. Par exemple, il est probable que la relation entre le coût et le pourcentage de personnes utilisant une moustiquaire ne soit pas linéaire, c'est-à-dire qu'il est moins coûteux d'augmenter l'utilisation de la moustiquaire par la population de 20 à 30 % que de 60 à 70 % (15). Les utilisateurs devront donc modifier le coût de la fourniture (ou la taille du tampon d'approvisionnement) en fonction de taux d'utilisation qu'ils prévoient d'atteindre.
- Les coûts par défaut sont fournis mais nous conseillons aux utilisateurs de les ajuster si nécessaire (voir section 2.4).
- Par souci de simplicité, nous supposons qu'aucun coût n'est économisé lorsque les moustiquaires et les PIDs sont mis en œuvre de sorte que nous additionnons simplement les coûts lors des interventions combinées.
- Ici, nous considérons uniquement les coûts liés à la lutte antivectorielle et n'incluons pas les économies qui pourraient résulter d'une réduction du nombre de cas de paludisme (par exemple, moins d'argent dépensé pour les médicaments de traitement du paludisme). Des analyses plus avancées prenant en compte ces avantages sont encouragées.
- Les estimations de la rentabilité dépendront du traitement et de l'accès aux soins d'une population. Ici, nous considérons uniquement un scénario où X personnes reçoivent diligemment un traitement combiné à base d'artémisinine. Vu que nous comparons l'impact de la lutte antivectorielle dans une région, tant que le même scénario de traitement est déployé pour chaque comparaison, la direction de l'impact sera la même. Des taux de traitement différents modifieraient l'estimation de la prévalence du paludisme, des cas évités et donc du coût par cas évité. Néanmoins, l'effet de l'intervention la plus utile, par exemple ITN + IRS, sera toujours prédit comme ayant une efficacité plus élevée que l'une ou l'autre de ces interventions prise seule. Cela reflète l'observation de données empiriques (16-18), mais les estimations du coût total par cas évité doivent être traitées avec prudence.

## 1.6. Quelle superficie faut-il considérer ?

Une région est définie comme une unité de gestion qui a des caractéristiques similaires. Il peut s'agir d'une unité administrative ou d'une province. La PID est très focalisé et généralement réalisé dans une petite région d'une plus grande province ou d'un district. Le modèle suppose que la PID soit déployée de façon aléatoire dans la population, il est donc plus approprié pour cette évaluation de séparer les régions en régions PID ou en régions non PID et d'ajuster la taille de la population en conséquence.

## 1.7. Où le trouver ?

L'outil est accessible gratuitement en ligne à l'adresse <https://mint.dide.ic.ac.uk/>

### Définitions clés

Classe d'intervention – La classification de l'Organisation Mondiale de la Santé pour un nouvel ensemble d'interventions de lutte contre les vecteurs du paludisme qui ont le même modèle d'action entomologique. Pour former une nouvelle classe d'intervention, les nouveaux produits nécessitent des preuves épidémiologiques d'un bénéfice par rapport à la norme de soins provenant de deux essais contrôlés randomisés en grappes.

MII – Moustiquaires imprégnées d'insecticide où la durabilité du produit est indéterminée

MILDA – Moustiquaire imprégnée d'insecticide longue durée. Une MII dont la durabilité est prouvée, c'est-à-dire que le temps de survie jusqu'à moins de 50% de la mortalité initiale induite est d'au moins 2 ans.

MILDA pyréthroïde – MILDA contenant seulement un insecticide de la classe des pyréthroïdes. Largement utilisée depuis 2000, cette classe d'interventions montre maintenant des signes de baisse d'efficacité dans des zones où les moustiques sont très résistants aux pyréthroïdes.

Pyrethroid-PBO MII – moustiquaires contenant des pyréthroïdes et un synergiste, le butoxyde de pipéronyle. Une nouvelle classe d'intervention déclarée par l'OMS pour les moustiquaires qui tuent les moustiques résistants aux insecticides en neutralisant les enzymes responsables de la résistance aux pyréthroïdes ; la valeur épidémiologique a été démontrée par le premier produit de sa catégorie lorsque son impact sur la santé publique est comparé à celle de moustiquaires à base de pyréthroïdes dans deux ECR (11,18), bien que leur durabilité à long terme sur le terrain ne soit pas encore claire.

Toutes les hypothèses du modèle sont décrites dans le manuscrit ci-joint, à l'exception des variables décrites ci-dessous que l'utilisateur est en mesure de définir.

## 2. GUIDE D'UTILISATION ÉTAPE PAR ÉTAPE

L'outil en ligne permet de créer de multiples projets.

MINT

This tool is designed to help National Malaria Control Programs explore the most cost effective option of deploying current World Health Organisation (WHO) recommended ITN and IRS products for malaria control.

In this tool, a **project** is a collection of regions and a **region** is defined as a management unit - this could be an administration unit, province or village. For each region defined in the tool, there is a set of outputs summarising the impact and cost effectiveness of intervention packages.

IRS is very focal and usually completed in a smaller region of a larger province or district. The model assumes that IRS is applied at random to the population so it is more appropriate to create separate IRS regions and non-IRS regions for this assessment and adjust population size accordingly.

### You have 1 project

P1 ▾



+ Start new project

Name

Regions   
Add multiple region names separated by commas. You can always add and remove regions later

L'utilisateur peut choisir un nom pour le projet et définir les différentes régions présentes. Dans cet outil, une région est définie comme une région de gestion. L'outil estime l'impact et la rentabilité des différentes combinaisons d'interventions de lutte antivectorielle en tenant compte de la situation actuelle de la localité. Pour chaque région, l'outil est décrit dans des sections de saisie séparées.

## 2.1. Configuration de base

**Setup baseline**

**Site Inputs**

Population Size: 1000

Seasonality of transmission: Seasonal

Current malaria prevalence: Low

[How to use these settings](#)

**Mosquito Inputs**

Preference for biting indoors: High

Preference for biting people: Low

Level of pyrethoid resistance: 0%

Evidence of PBO synergy: Yes

[How to use these settings](#)

**Past Vector Control**

ITN population usage in last survey (%): 0% usage

What was the estimated coverage of spray campaign (last year): 0% coverage

[How to use these settings](#)

Next

L'utilisateur peut saisir les informations appropriées pour configurer le scénario de référence décrivant le mieux la région. La région d'intérêt est résumée à l'aide d'un nombre limité de caractéristiques clés. Ce nombre est actuellement limité pour des raisons de calcul, mais il est prévu de l'étendre pour inclure un plus grand nombre de scénarios. L'utilisateur sélectionne les caractéristiques les plus représentatives de la situation actuelle sur la base de données locales récentes. . Toutes les entrées peuvent être des approximations, mais les utilisateurs sont encouragés à expérimenter avec plusieurs valeurs pour comprendre comment différents facteurs influencent la décision optimale. Les boutons d'information peuvent être activés pour fournir une aide supplémentaire pour remplir le formulaire.

### 2.1.1. Taille de la population

Entrez la taille approximative de la population du district ou du sous-district auquel la lutte antivectorielle sera appliquée. Cela n'est nécessaire que si des estimations du budget global et de l'impact sont nécessaires. Dans le cas contraire laissez le niveau par défaut.

### 2.1.2. Saisonnalité de la transmission

Sélectionnez les paramètres '*seasonal*' si la région d'intérêt a une saison de transmission distincte, ou '*perennial*' si la transmission se fait tout au long de l'année.

### 2.1.3. Prévalence actuelle du paludisme

Définir l'endémicité moyenne actuelle de la région, mesurée par le pourcentage d'enfants de moins de 5 ans chez qui le paludisme à *Plasmodium falciparum* a été diagnostiqué par microscopie. Les options disponibles sont : 2,6 à 7,5 % ; puis 7,6 à 15 % ; 15,1 à 25 % ; 25,1 à 35 % ; 35,1 à 45 % ; 45,1 à 55 % et 55,1 à 70 % des enfants de moins de 5 ans sont testé positifs pour le paludisme telle que mesurée pendant la saison de transmission.

### Site Inputs

Population Size

Seasonality of transmission ?

Current malaria prevalence ?

i [How to use these settings](#) ^

**Taille de la population**

Entrez la taille approximative de la population du district ou du sous-district auquel la lutte antivectorielle sera appliquée pour permettre une estimation des coûts différentiels de tout changement dans la lutte antivectorielle

**Transmission saisonnière de la transmission**

Sélectionnez les paramètres saisonniers si la région d'intérêt a une saison de transmission distincte ou pérenne si tout au long de l'année

**Prévalence actuelle du paludisme**

Définissez l'endémicité actuelle de votre environnement telle que mesurée par la prévalence des enfants âgés de 6 mois à 59 mois qui reçoivent un diagnostic de paludisme à falciparum par microscopie. Les options disponibles sont 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % et 60 % mesurées vers la fin de la saison de transmission.

Les valeurs choisies doivent représenter le « moustique moyen » transmettant le paludisme tout au long de l'année dans la zone. Si plusieurs vecteurs sont présents, les caractéristiques doivent être pondérées en fonction de l'espèce vectrice dominante. Par exemple, considérons un endroit où deux espèces de moustiques A et B sont présentes et sont capturées tout au long de l'année dans un rapport de 3:1 (c.-à-d. Espèce A = 75 %, Espèce B = 25 %). Si l'espèce A présentait des niveaux élevés de résistance avec une survie par essai biologique de 80 % alors que l'espèce B était complètement sensible, alors le niveau global de résistance devrait être de 60 % ( $0,75 \times 0,8 + 0,25 \times 0$ ).

#### 2.1.4. Préférence de piqûre à l'intérieur

Les moustiques peuvent montrer une propension différente à piquer les gens lorsqu'ils sont à l'intérieur. Cela dépend à la fois du comportement de piqûre des moustiques et du moment où les gens vont à l'intérieur. Les détails pour le calcul de cette quantité peuvent être trouvés dans (19). 'High' (Haut) indique qu'environ 97 % des piqûres se passent lorsque les gens sont à l'intérieur, tandis qu'en sélectionnant 'Low' (Faible) représente 79 % des piqûres se passent lorsque les gens sont à l'intérieur.

#### 2.1.5. Préférence de piqûres des gens

Il y a une différence dans la préférence de piquer les humains par rapport aux autres animaux (souvent appelé indice sanguin humain) (20). 'High' (Haut) pour la préférence pour les piqûres correspond à

environ 92 % des piqûres de moustiques sur des humains avant l'introduction des interventions, tandis qu'une valeur 'Low' (Faible) équivaut à environ 74 % de toutes les piqûres sur des humains.

### 2.1.6. Niveau de résistance aux pyréthroïdes

Survie des moustiques 24 heures après exposition à la dose discriminatoire de l'OMS; 0% indique que tous les moustiques meurent et sont sensibles à l'insecticide pyréthroïde contenu dans les MII. 100 % indique que tous les moustiques survivent et sont résistants à l'insecticide pyréthroïde contenu dans les MII. Les estimations doivent être ajustées en tenant compte de la mortalité chez les moustiques témoins (non exposés) (21,22).

### Mosquito Inputs

Preference for biting indoors ⓘ

Preference for biting people ⓘ

Level of pyrethroid resistance ⓘ

Evidence of PBO synergy ⓘ

[How to use these settings](#) ^

### 2.1.7. Preuve de la synergie du PBO

S'il existe des preuves que le PBO (butoxyde de pipéronyle) agit en synergie avec l'insecticide pyréthroïde ou que les mécanismes métaboliques contribuent à la résistance de la population locale de moustiques, alors nous pouvons sélectionner « Yes » et le MII pyréthroïde PBO devrait avoir une bonne performance comparée à la MILDA pyréthroïde en cas de résistance aux pyréthroïdes.

### 2.1.8. Historique du contrôle vectoriel

L'endémicité d'un milieu est déterminée par l'écologie des moustiques, les activités communautaires et l'environnement, mais aussi par la pression historique exercée par les interventions qui contrôlent la transmission du paludisme. Ces informations doivent être fournies pour la zone à la fois pour les MII et la PID.

### Past Vector Control

ITN population usage in last survey (%) ⓘ

What was the estimated coverage of spray campaign (last year) ⓘ

[How to use these settings](#) ^

### 2.1.9. Utilisation des MII par la population lors de la dernière enquête (%)

Cela peut être estimé à partir des enquêtes démographiques de santé ou d'autres enquêtes réalisées sur l'utilisation des moustiquaires dans cette zone.

### 2.1.10. Quelle était la couverture estimée de la récente campagne de pulvérisation

Veillez choisir l'option qui représente le mieux le pourcentage de maisons pulvérisées dans la zone au cours de la dernière campagne de PID. Sélectionnez l'option dans l'onglet déroulant. Si la pulvérisation n'a jamais été mise en œuvre, veuillez sélectionner l'option 0 %.

Nous allons démontrer un scénario qui a :

- ✓ une population de 35 400 personnes,
- ✓ transmission saisonnière avec une prévalence d'environ 30 % chez les enfants de moins de 5 ans.

Les comportements des moustiques sont :

- ✓ très endophile,
- ✓ moins anthropophile, et;
- ✓ environ 60 % des moustiques survivent à l'exposition au dose discriminatoire (60 % de résistance aux pyréthroïdes) lors des bio-essais.
- ✓ Il existe une preuve d'une synergie PBO - de sorte que dans ce scénario nous nous attendons à ce que les MII pyréthroïdes-PBO fonctionnent mieux par rapport aux MILDA pyréthroïdes.

Historiquement :

- ✓ environ 40 % de la communauté utilise des moustiquaires, mais ;
- ✓ aucune PID n'a été déployée dans la région.

Setup baseline

Site Inputs	Mosquito Inputs	Past Vector Control
Population Size 34500	Preference for biting indoors ⓘ High	ITN population usage in last survey (%) ⓘ 40% usage
Seasonality of transmission ⓘ Seasonal	Preference for biting people ⓘ Low	What was the estimated coverage of spray campaign (last year) ⓘ 0% coverage
Current malaria prevalence ⓘ Medium	Level of pyrethroid resistance ⓘ 60%	<a href="#">How to use these settings</a> ▼
<a href="#">How to use these settings</a> ▼	Evidence of PBO synergy ⓘ Yes	<a href="#">How to use these settings</a> ▼

## 2.2. Mettre en place des interventions

Après avoir cliqué sur l'onglet 'next' (suivant), sur la gauche de l'écran, l'utilisateur peut entrer l'utilisation de MII attendue à l'avenir et explorer l'option d'inclure la PID.

### 2.2.1. Utilisation des MII attendue

L'utilisateur saisit l'utilisation des MII attendue (de tout type de moustiquaire : MILDA pyréthroïde ou MII pyréthroïde-PBO) de la communauté après la distribution de masse en tenant compte des hypothèses d'approvisionnement et de distribution formulées en 2.2. Cela déterminera l'efficacité de l'intervention au cours de la période suivante et devrait être basé sur l'utilisation qui a été faite après la dernière campagne de masse (et peut être évalué par des enquêtes locales ou démographiques de

santé). Un seul type de moustiquaire est mis en œuvre dans la zone et le modèle suppose qu'il y a une perte d'utilisation des MII au fil du temps depuis la campagne de masse. Cette perte tient compte à la fois de l'efficacité décroissante de l'ingrédient actif et l'adhésion décroissante à l'utilisation des MII.

### 2.2.2. Couverture en PID attendue

La pulvérisation intra-domiciliaire à effet rémanent peut être ajoutée à une région à la place ou en plus des MII (de tout type). Les maisons qui recevront la PID sont sélectionnées de façon aléatoire (indépendamment de la possession de MII) et les estimations de couverture de la PID représentent le pourcentage de la population vivant dans des maisons avec la PID. Des précautions doivent être prises lors de l'interprétation des résultats car la PID est souvent fortement concentré dans de petites zones géographiques. Le modèle prédit l'impact d'un produit PID de longue durée (par exemple le pirimiphos méthyle ou la clothianidine) lorsque la pulvérisation est répétée chaque année avant le pic de la saison de transmission (si le réglage saisonnier est sélectionné en 2.1.2).

MINT Project 1: Region A

**Intervention coverage potential** ^

Expected ITN population use given access ⓘ 60% usage v

Expected IRS coverage ⓘ 0% coverage v

ⓘ How to use these settings v



## 2.3. Approvisionnement et distribution

La livraison des moustiquaires et des sprays se fait différemment dans chaque pays. Veuillez répondre aux questions suivantes afin que les estimations de prix pour l'impact puissent être augmentées de manière appropriée.

### 2.3.1. Lors de la planification des achats, quel nombre de personnes par moustiquaire est utilisé ?

L'estimation par défaut de 1,8 personne par moustiquaire est le plus souvent citée comme le nombre utilisé pour planifier les distributions massives de moustiquaires. Veuillez modifier si nécessaire.

### 2.3.2. Quel est le pourcentage du stock de sécurité, s'il est utilisé ?

Lorsque les moustiquaires sont achetées, il y a un stock de sécurité pour s'assurer qu'il n'y a pas de manque à gagner. Veuillez indiquer votre estimation ici. Ceci est utilisé pour ajuster les estimations de coûts. La valeur par défaut est 7 %.

Procurement and distribution	
When planning procurement, what number of people per net is used?	<input type="text" value="1.8"/>
What percentage is your procurement buffer, if used? (%)	<input type="text" value="7"/>
<a href="#">How to use these settings</a>	

## 2.4. Coût des interventions

Le coût des différentes interventions de lutte antivectorielle variera dans le temps, en fonction de la taille des commandes et des spécifications. Ici, les prix indiqués peuvent être définis par l'utilisateur en \$USD. Pour simplifier, on suppose qu'il existe une relation linéaire entre le coût et la couverture de la population, nous ne considérons pas l'inflation dans cette version de l'outil. Les coûts du produit et de sa livraison sont séparés.

Price of interventions ^	
Price of pyrethroid LLIN (\$USD)	<input type="text" value="1.5"/>
Price of PBO ITN (\$USD)	<input type="text" value="2.5"/>
ITN mass distribution campaign delivery cost per person (\$USD)	<input type="text" value="2.75"/>
Annual cost of IRS* per person (\$USD) ?	<input type="text" value="5.73"/>
Total available budget (\$USD) ?	<input type="text" value="2000000"/>
Zonal budget (\$USD)	<input type="text" value="500000.05"/>

[? How to use these settings](#) ✓

### 2.4.1. Prix de la MILDA pyréthroïde (\$USD)

Le prix par MILDA contenant uniquement des pyréthroïdes. La valeur par défaut est fixée à 1,5 USD.

### 2.4.2. Prix de MII pyréthroïde-PBO (\$USD)

Le prix par MII pyréthroïde-PBO. La valeur par défaut est fixée à 2,5 USD.

### 2.4.3. Coût de livraison de la campagne de distribution de masse de MII par personne (\$USD)

Le coût de livraison des moustiquaires à chaque personne (équivalent pour chaque type de MII). Un nombre suffisant de moustiquaires sont prévues pour correspondre au nombre de personnes prévu par moustiquaire (2.2.2) et au stock de sécurité (2.2.3).

### 2.4.4. Prix du produit PID par personne (USD annuel)

Le prix du produit PID de longue durée en moyenne par personne pour chaque année. Incluez le coût moyen du produit PID et de la mise en œuvre de la PID. Si différents produits PID sont utilisés au cours

des différentes années, veuillez faire la moyenne des coûts des produits et fournir un coût annuel par personne protégée par la PID (en USD).

#### **2.4.5. Budget total (\$USD)**

Le budget total de la zone pour les 3 prochaines années. Ceci est nécessaire pour évaluer les options d'intervention les plus réalisables pour la zone.

À tout moment, l'utilisateur peut au besoin cliquer sur l'option de configuration de base en haut de la page et modifier les entrées.

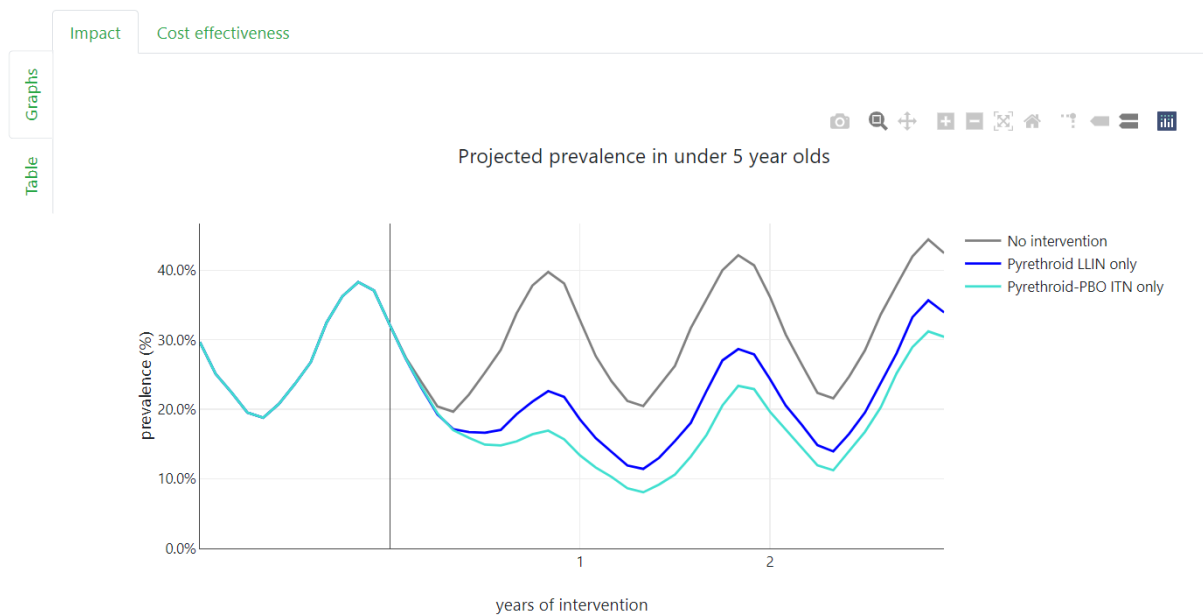
### 3. INTERPRÉTATION

Il y a 4 onglets de sorties dans l'outil. Ce sont :

- (1) Impact
- (2) Rentabilité
- (3) Tableau récapitulatif des impacts
- (4) Tableau récapitulatif de rentabilité

#### 3.1. Graphiques d'impact

L'onglet 'Impact' montre la prévalence estimée dans la zone au fil du temps et les cas évités pour 1 000 personnes au cours des 3 années écoulées depuis la mise en œuvre d'un paquet d'intervention.

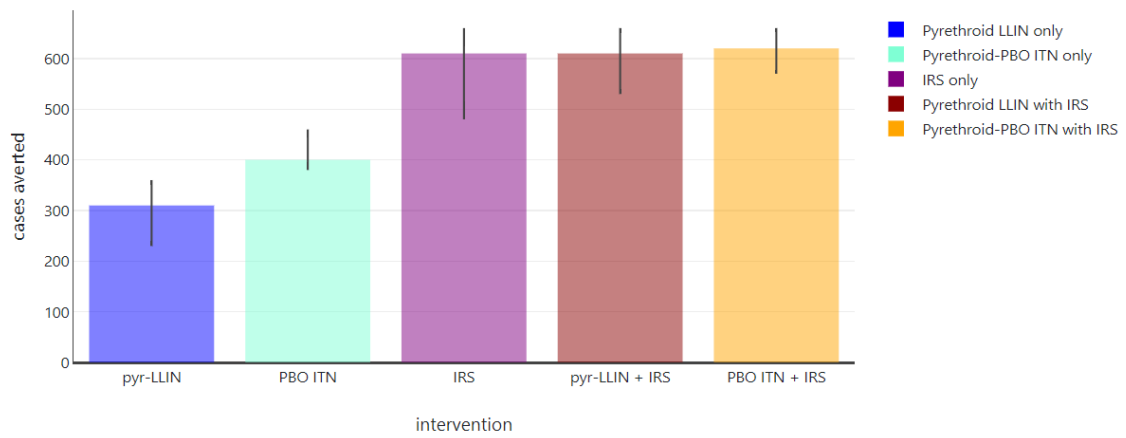


Ce graphique ci-dessus prédit les changements dans la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans (diagnostiqués par la microscopie) tenant compte d'un ensemble d'interventions introduit au temps 0 (ligne grise verticale). Les lignes en différentes couleurs affichent soit :

- Scénario ne rien faire – Pas d'interventions supplémentaires de lutte antivectorielle. La prévalence peut augmenter à mesure que l'impact des interventions précédentes (si utilisées) est perdu (gris) ;
- MILDA contenant uniquement des pyréthriinoïdes distribuées lors d'une campagne de masse au temps zéro (bleu) ;
- MII pyréthriinoïdes-PBO distribuées lors d'une campagne de masse au temps zéro (vert) ;
- Campagne PID annuelle sans distribution supplémentaire de MII (violet) ;
- Campagne annuelle de PID plus MII contenant uniquement des pyréthriinoïdes distribués lors d'une campagne de masse au temps zéro (rouge foncé), ou ;
- Campagne annuelle de PID plus MII pyréthriinoïdes-PBO distribuées dans une campagne de masse au temps zéro (orange).

Les lignes pour la PID ne s'afficheront que si la couverture IRS est sélectionnée pour être > 0%.

Clinical cases averted per 1,000 people per year



Ce diagramme à barres ci-dessus montre le nombre de cas cliniques évités pour 1 000 personnes en moyenne sur 3 ans pour les différents paquets d'intervention décrits ci-dessus (par rapport au scénario « ne rien faire »).

Les chiffres d'impact présentent les différents scénarios d'intervention pour la zone spécifiée sans tenir compte du coût.

En passant le curseur sur les figures, les estimations absolues et incertitude par rapport sur l'impact des stratégies s'afficheront.

### 3.2. Tableau des impacts

Toutes les données présentées dans la figure de l'impact sont résumées dans l'onglet 'Summary Impact Table' (Tableau récapitulatif de l'impact). Ce format permet d'examiner sommairement l'impact des différentes mesures sur une période de trois ans. Le tableau peut être classé en fonction de la métrique de préférence de l'utilisateur en cliquant sur les flèches des différentes colonnes.

**Interventions** : La combinaison MII et PID utilisée pour le scénario.

**Utilisation de moustiquaire (%)** : pourcentage de personnes supposées avoir utilisé une MII la nuit précédente après une campagne de masse.

**Couverture PID (%)** : Le pourcentage de personnes dormant dans une maison protégée par la PID.

**Prévalence chez les moins de 5 ans : 1 an après intervention** : La prévalence chez les enfants de moins de 5 ans 1 an après la mise en œuvre du paquet d'intervention (pourcentage, détecté par microscopie).

**Prévalence chez les moins de 5 ans : 2 ans après l'intervention** : La prévalence chez les enfants de moins de 5 ans 2 ans après la mise en œuvre du paquet d'intervention (pourcentage, détecté par microscopie).

**Prévalence chez les moins de 5 ans : 3 ans après l'intervention** : La prévalence chez les enfants de moins de 5 ans 3 ans après la mise en œuvre du paquet d'intervention (pourcentage, détecté par microscopie).

**Réduction relative de la prévalence chez les moins de 5 ans (%)** : L'efficacité relative du paquet d'intervention étudié par rapport au scénario « ne rien faire » 3 ans après le passage aux interventions alternatives.

**Cas évités (tous âges confondus) sur 3 ans depuis l'intervention** : nombre absolu de cas cliniques évités tenant compte de la taille de la population saisie et par rapport au scénario « ne rien faire ».

**Cas moyens évités (tous âges confondus) pour 1 000 personnes par an (sur 3 ans depuis l'intervention)** : nombre moyen de cas cliniques évités chaque année pour 1 000 personnes par an par rapport au scénario « ne rien faire ».

**Réduction relative des cas cliniques (sur 3 ans depuis l'intervention) (%)** : le pourcentage d'efficacité du paquet d'intervention par rapport à la réduction du nombre de cas cliniques comparé au scénario « ne rien faire ».

**Cas moyens par personne et par an (moyenne sur 3 ans depuis l'intervention)** : nombre de cas cliniques prévu par personne.

En passant le curseur sur les valeurs du tableau, les estimations absolues et l'incertitude concernant l'impact des stratégies s'afficheront.

### 3.3. Graphiques de rentabilité

L'onglet 'Cost effectiveness' (rentabilité) montre le coût total estimé en USD par stratégie d'intervention sur 3 ans par rapport au nombre total de cas évités attendu pour 1 000 personnes sur 3 ans (graphe ci dessous).



La ligne horizontale rouge en pointillée indique le budget maximum déterminé par l'utilisateur pour la zone (si fourni). Les interventions au-dessus de cette ligne seraient donc considérées comme hors budget, de sorte que le point le plus à droite sous cette ligne indiquerait la stratégie la plus rentable (si aucune ligne rouge n'est affichée, l'échelle de l'axe des Y n'intercepte pas cette valeur).

Dans le scénario démontré, la stratégie rentable dans la limite du budget consisterait à utiliser des MII pyréthroïdes-PBO, mais cela pourrait changer si l'utilisation des moustiquaires était modifiée ou si les différentes écologies et hypothèses faites sur la région devaient être ajustées.

Les points montrent la meilleure estimation de l'impact attendu tandis que les lignes horizontales partant de ces points indiquent l'incertitude de l'impact de l'intervention résultant de l'analyse statistique (Nash et al. en soumission ; Sherrard-Smith et al. en soumission). Les couleurs indiquent les différentes stratégies d'intervention et correspondent à celles décrites ci-dessus (et voir la légende). L'incertitude des coûts n'est pas fournie dans la version 1.

Les informations récapitulatives fournies par l'utilisateur indiquent le taux d'utilisation de MII attendue et la couverture PID à atteindre dans la zone. Les changer modifierait la rentabilité et l'utilisateur est encouragé à explorer cette particularité.

### 3.4. Tableau de rentabilité

Le tableau de rentabilité fournit les chiffres pour les différentes mesures projetées par le modèle. Comme pour le tableau d'impact, les différents paquets d'intervention peuvent être classés en fonction des différentes métriques en cliquant sur les flèches dans chaque colonne (pour les classer par cette mesure).

**Interventions** La combinaison MII et PID utilisée dans le scénario.

**Utilisation de moustiquaire (%)** : pourcentage de personnes supposées avoir utilisé une MII la nuit précédente après une campagne de masse.

**Couverture PID (%)** : Le pourcentage de personnes dormant dans une maison protégée par la PID.

**Cas moyens évités pour 1 000 personnes par an (moyenne sur 3 ans depuis l'intervention)** : nombre de cas cliniques évités pour 1 000 personnes prévu par le paquet d'intervention par rapport à la poursuite du scénario « ne rien faire ».

**Coûts totaux \$USD** : le coût total en USD prévu pour l'achat de produits et la mise en œuvre du paquet d'intervention pour couvrir une période de protection de 3 ans.

**Coût par cas évité** : le coût en USD par cas évité par rapport au scénario « ne rien faire ».



#### 4. REFERENCES

1. Hancock PA, Hendriks CJM, Tangena JA, Gibson H, Hemingway J, Coleman M, et al. Mapping trends in insecticide resistance phenotypes in African malaria vectors. *PLoS Biol* [Internet]. 2020;18(6):1–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.3000633>
2. Matowo NS, Munhenga G, Tanner M, Coetzee M, Feringa WF, Ngowo HS, et al. Fine-scale spatial and temporal heterogeneities in insecticide resistance profiles of the malaria vector, *Anopheles arabiensis* in rural south-eastern Tanzania. *Wellcome open Res* [Internet]. 2017 [cited 2018 Jul 27];2:96. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29417094>
3. Mzilahowa T, Chiumia M, Mbewe RB, Uzalili VT, Luka-Banda M, Kutengule A, et al. Increasing insecticide resistance in *Anopheles funestus* and *Anopheles arabiensis* in Malawi, 2011–2015. *Malar J* [Internet]. 2016 Dec 22 [cited 2018 Jul 27];15(1):563. Available from: <http://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12936-016-1610-1>
4. Uragayala S, Kamaraju R, Tiwari S, Ghosh SK, Valecha N. Small-scale evaluation of the efficacy and residual activity of alpha-cypermethrin WG (250 g AI/kg) for indoor spraying in comparison with alpha-cypermethrin WP (50 g AI/kg) in India. *Malar J* [Internet]. 2015;14(1):223. Available from: <http://www.malariajournal.com/content/14/1/223>
5. Etang J, Nwane P, Mbida J, Piamou M, Manga B, Souop D, et al. Variations of insecticide residual bio-efficacy on different types of walls: results from a community-based trial in south Cameroon. *Malar J* [Internet]. 2011;10(1):333. Available from: <http://www.malariajournal.com/content/10/1/333>
6. Opiyo MA, Paaijmans KP. “We spray and walk away”: Wall modifications decrease the impact of indoor residual spray campaigns through reductions in post-spray coverage. *Malar J* [Internet]. 2020;19(1):1–6. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12936-020-3102-6>
7. Griffin JT, Ferguson NM, Ghani AC. Estimates of the changing age-burden of *Plasmodium falciparum* malaria disease in sub-Saharan Africa. *Nat Commun* [Internet]. 2014;5:1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms4136>
8. Walker PGT, Griffin JT, Ferguson NM, Ghani AC. Estimating the most efficient allocation of interventions to achieve reductions in *Plasmodium falciparum* malaria burden and transmission in Africa: a modelling study. *Lancet Glob Heal* [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2018 Dec 12];4(7):e474-84. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27269393>
9. Unwin HJT, Routledge I, Flaxman S, Riziou M-A, Lai S, Cohen J, et al. Using Hawkes Processes to model imported and local malaria cases in near-elimination settings. *PLOS Comput Biol* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2021 Sep 27];17(4):e1008830. Available from: <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1008830>
10. Pezzulo C, Hornby GM, Sorichetta A, Gaughan AE, Linard C, Bird TJ, et al. Sub-national mapping of population pyramids and dependency ratios in Africa and Asia. *Sci Data* 2017 41 [Internet]. 2017 Jul 19 [cited 2021 Sep 1];4(1):1–15. Available from: <https://www.nature.com/articles/sdata201789>
11. Staedke SG, Gonahasa S, Dorsey G, Kanya MR, Maiteki-Sebuguzi C, Lynd A, et al. Effect of long-lasting insecticidal nets with and without piperonyl butoxide on malaria indicators in Uganda (LLINEUP): a pragmatic, cluster-randomised trial embedded in a national LLIN distribution campaign. *Lancet* [Internet]. 2020;395(10232):1292–303. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30214-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30214-2)
12. Nash RK, Lambert B, N’Guessan R, Ngufor C, Rowland M, Oxborough R, et al. Systematic review of the entomological impact of insecticide-treated nets evaluated using experimental hut trials

in Africa. *Curr Res Parasitol Vector-Borne Dis*. 2021 Jan 1;1:100047.

13. Sherrard-Smith E, Griffin JT, Winskill P, Corbel V, Pennetier C, Djénontin A, et al. Systematic review of indoor residual spray efficacy and effectiveness against *Plasmodium falciparum* in Africa. *Nat Commun* [Internet]. 2018 Dec 26 [cited 2019 Jul 10];9(1):4982. Available from: <http://www.nature.com/articles/s41467-018-07357-w>
14. Griffin JT, Hollingsworth TD, Okell LC, Churcher TS, White M, Hinsley W, et al. Reducing *Plasmodium falciparum* malaria transmission in Africa: a model-based evaluation of intervention strategies. *PLoS Med* [Internet]. 2010 Aug 10 [cited 2017 Jan 13];7(8):e1000324. Available from: <http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000324>
15. Bertozzi-Villa A, Bever C, Koenker H, Weiss DJ, Vargas-Ruiz C, Nandi AK, et al. Maps and Metrics of Insecticide-Treated Net Coverage in Africa: Access, Use, and Nets-Per-Capita, 2000-2020 [Internet]. 2021 Feb [cited 2021 May 4]. Available from: <https://www.researchsquare.com/article/rs-199628/v1.pdf>
16. West PA, Protopopoff N, Wright A, Kivaju Z, Tiggererwa R, Mosha FW, et al. Enhanced protection against malaria by indoor residual spraying in addition to insecticide treated nets: Is it dependent on transmission intensity or net usage? *PLoS One*. 2015 Mar 26;10(3).
17. Chaccour C, Zulliger R, Wagman J, Casellas A, Nacima A, Elobolobo E, et al. Incremental impact on malaria incidence following indoor residual spraying in a highly endemic area with high standard ITN access in Mozambique: results from a cluster-randomized study. *Malar J* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2021 Jun 27];20(1):1–15. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12936-021-03611-7>
18. Protopopoff N, Mosha JF, Lukole E, Charlwood JD, Wright A, Mwalimu CD, et al. Effectiveness of a long-lasting piperonyl butoxide-treated insecticidal net and indoor residual spray interventions, separately and together, against malaria transmitted by pyrethroid-resistant mosquitoes: a cluster, randomised controlled, two-by-two fact. *Lancet* [Internet]. 2018 Apr 21 [cited 2018 Jul 26];391(10130):1577–88. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673618304276>
19. Sherrard-Smith E, Skaup JE, Beale AD, Fornadel C, Norris LC, Moore SJ, et al. Mosquito feeding behavior and how it influences residual malaria transmission across Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019;116(30):15086–96.
20. Killeen GF, Kiware SS, Okumu FO, Sinka ME, Moyes CL, Massey NC, et al. Going beyond personal protection against mosquito bites to eliminate malaria transmission: population suppression of malaria vectors that exploit both human and animal blood. *BMJ Glob Heal* [Internet]. 2017 Apr 26 [cited 2019 Jun 19];2(2):e000198. Available from: <http://gh.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjgh-2016-000198>
21. Churcher TS, Lissenden N, Griffin JT, Worrall E, Ranson H. The impact of pyrethroid resistance on the efficacy and effectiveness of bednets for malaria control in Africa. *Elife*. 2016 Aug 22;5.
22. World Health Organization. Malaria vector control policy recommendations and their applicability to product evaluation [Internet]. 2017 [cited 2018 Jan 18]. Available from: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/255337/1/WHO-HTM-GMP-2017.12-eng.pdf?ua=1>